

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Bendung Kamijoro di Dusun Kamijoro, Desa Sendang Sari, Pajangan, Bantul, DI Yogyakarta yang lokasinya dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

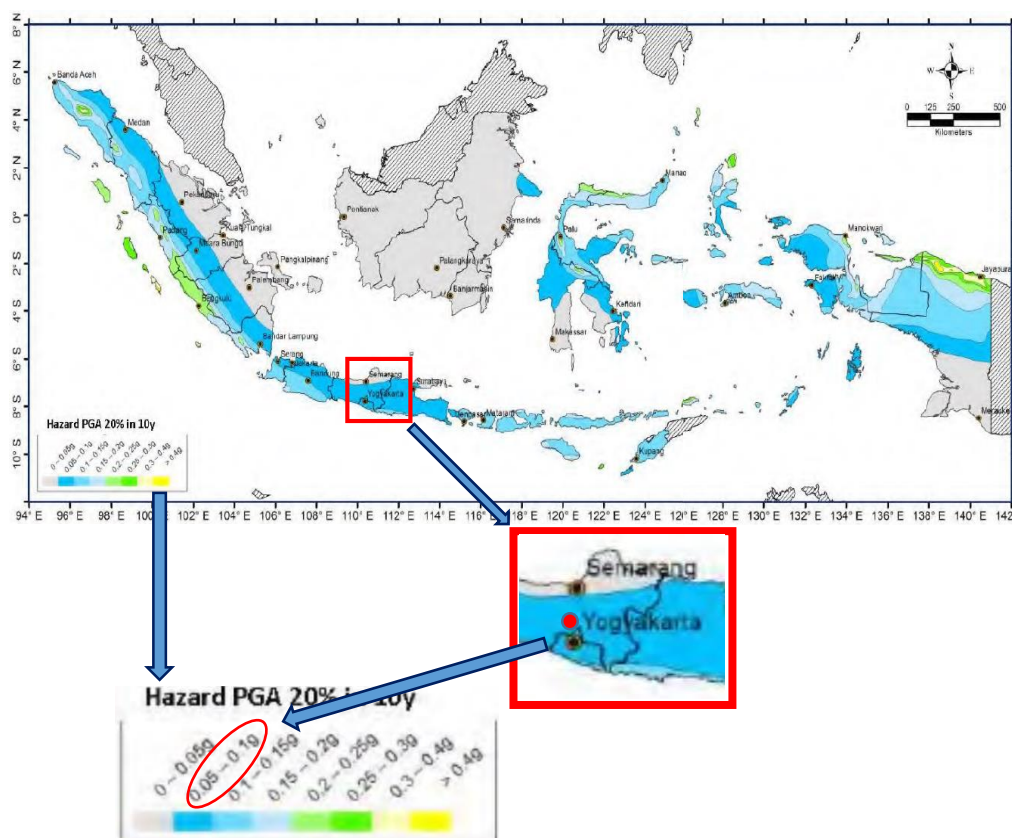
3.2. Karakteristik Obyek Penelitian

3.2.1. Karakteristik Tanah dan Kegempaan

Jenis tanah pada lokasi pembangunan dinding penahan tanah adalah jenis pasir, karena berkaitan dengan kondisi endapan Sungai Progo di lokasi sekitar Intake Kasmijoro. Pada bagian tepi kanan ketebalan endapan sungai (pasir, kerikil, kerakal) relatif lebih tebal dibandingkan dibagian tepi kiri sungai, dengan perkiraan

ketebalan 15 – 20 meter dengan lebar endapan mencapai jarak kira-kira 200 meter yang menjadi zona dataran banjir dari Sungai Progo.

Karakteristik kegempaan pada lokasi dinding penahan tanah didasarkan pada Peta Gempa Indonesia 2017, dengan tinjauan pada Peta percepatan puncak batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 20% dalam periode 10 tahun, yang mana disajikan pada Gambar 3.2 dibawah ini. Berdasarkan pada peta tersebut maka percepatan gempa di lokasi dinding penahan tanah memiliki koefisien gempa (k) berkisar antara 0,05 – 0,1.



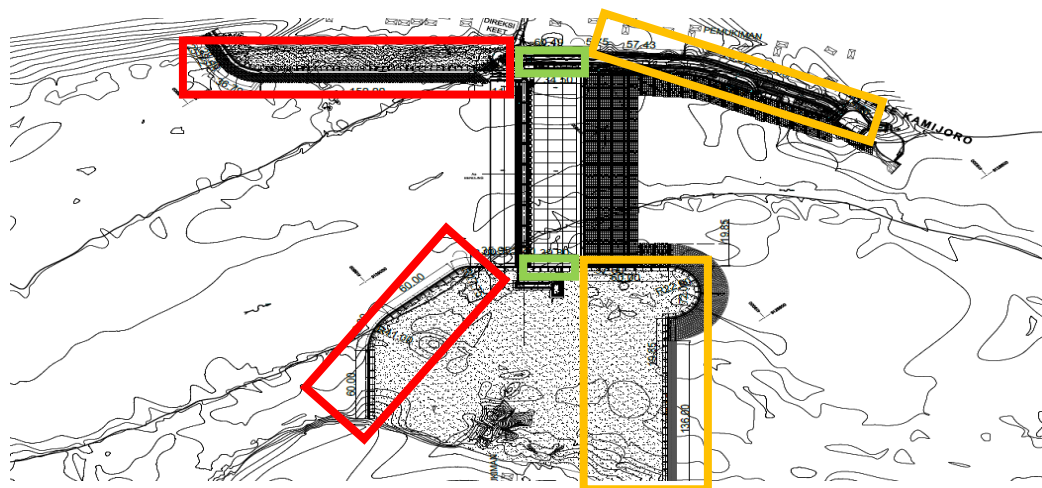
Gambar 3.2 Peta percepatan puncak batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 20% dalam 10 tahun (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

3.2.2. Karakteristik Struktur Dinding Penahan Tanah

Pembangunan dinding penahan tanah pada proyek Bendung Kamijoro direncanakan untuk melindungi tanah pada tepi sungai, agar kondisinya tetap stabil dan tidak longsor akibat dari erosi air. Sehingga dengan adanya dinding penahan tanah tersebut, maka Bendung Kamijoro dapat beroperasi secara optimal. Pada Gambar 3.3 diberikan beberapa desain dan karakteristik dinding penahan tanah,

untuk desain secara keseluruhan dinding penahan tanah dapat dilihat pada Lampiran 2 Desain Dinding Penahan Tanah.

Gambar 3.3 Letak DPT pada proyek Bendung Kamijoro



(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

Berdasarkan dari gambar 3.3 diatas, maka pada proyek pembangunan Bendung Kamijoro terdapat 3 tipe dinding penahan tanah, yang mana untuk ketiga tipe dinding penahan tanah tersebut diberikan data teknis pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data teknis dinding penahan tanah

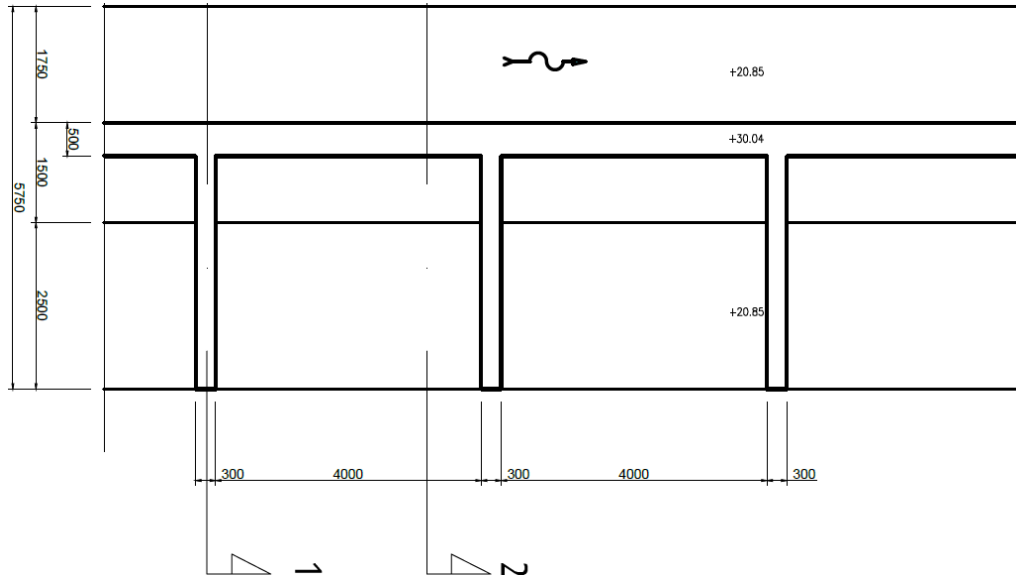
Note: = DPT Tipe B, = DPT Tipe C, = DPT Tipe A

Data	Tipe A	Tipe B	Tipe C
Jenis DPT	Counterfort	Counterfort	Counterfort
Material	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang
Elevasi puncak	+30,04 m	+30,04 m	+30,04 m
Elevasi pondasi	+20,85 m	+21,74 m	+20,10 m
Tinggi tubuh DPT	8,19 m	8,3 m	9,94 m
Tinggi pondasi	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Panjang DPT per-blok	8,9 m	8,9 m	8,9 m
Lebar pondasi per-blok	5,75 m	6,5 m	7 m

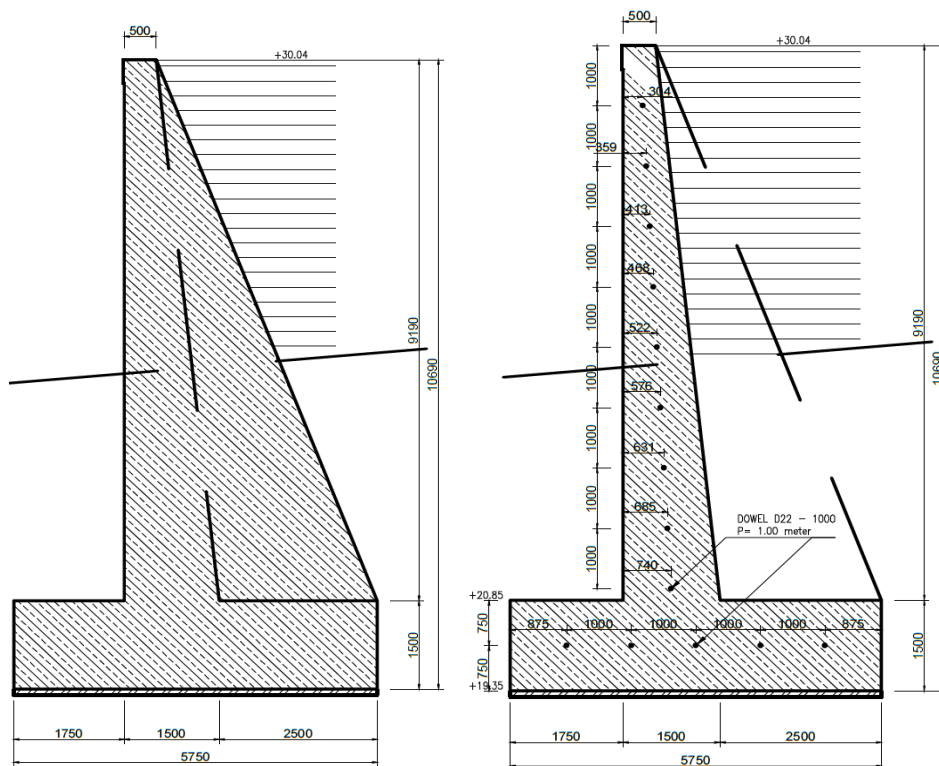
Berdasarkan kepada data teknis diatas, berikut diberikan beberapa gambar desain dinding penahan tanah. Gambar 3.4 menunjukkan denah tampak atas dan Gambar 3.5 menunjukkan detail konstruksi dinding penahan tanah tipe A. Gambar 3.6 menunjukkan denah tampak atas dan Gambar 3.7 menunjukkan detail konstruksi

dinding penahan tanah tipe B. Gambar 3.8 menunjukkan denah tampak atas dan Gambar 3.9 menunjukkan detail konstruksi dinding penahan tanah tipe C.

a) Dinding Penahan Tanah Tipe A:



Gambar 3.4 Denah tampak atas dinding penahan tanah tipe A
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

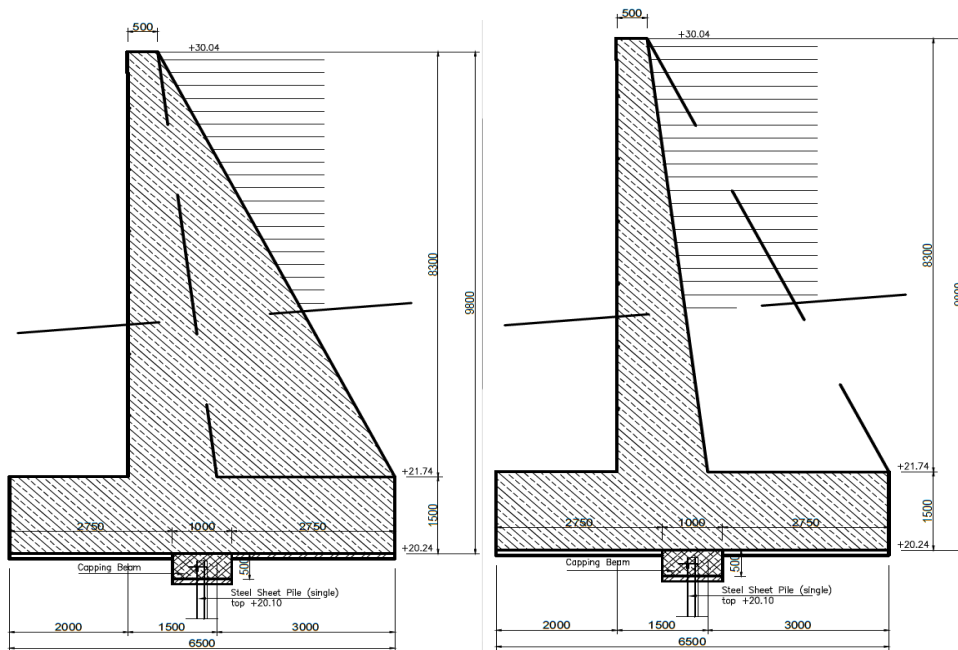


Gambar 3.5 Detail konstruksi dinding penahan tanah tipe A
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

b) Dinding Penahan Tanah Tipe B:



Gambar 3.6 Denah tampak atas dinding Penahan Tanah tipe B
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

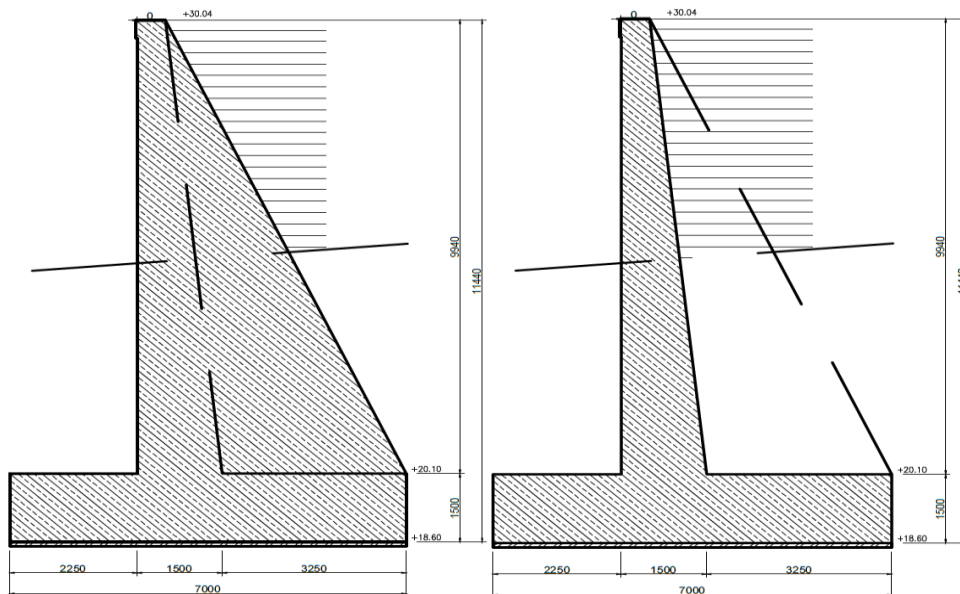


Gambar 3.7 Detail konstruksi dinding Penahan Tanah tipe B
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

c) Dinding Penahan Tanah Tipe C:



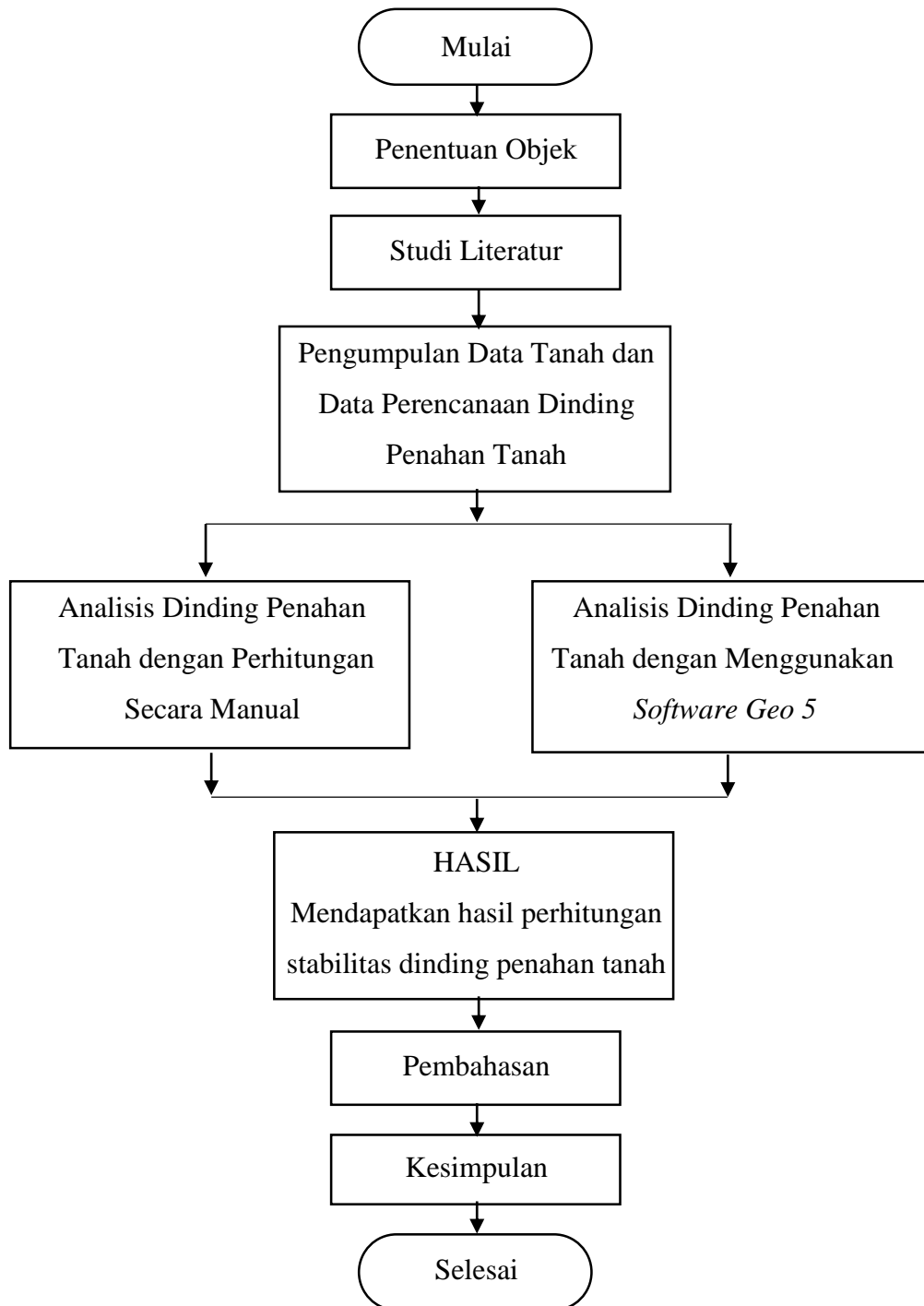
Gambar 3.8 Denah tampak atas dinding Penahan Tanah tipe C
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)



Gambar 3.9 Detail konstruksi dinding Penahan Tanah tipe C
(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, 2014)

3.3. Tahap dan Prosedur Penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh suatu hasil yang diharapkan. Penulisan tugas akhir ini dilakukan melalui tahapan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.10 *Flow chart* penelitian

3.4. Pengumpulan Data

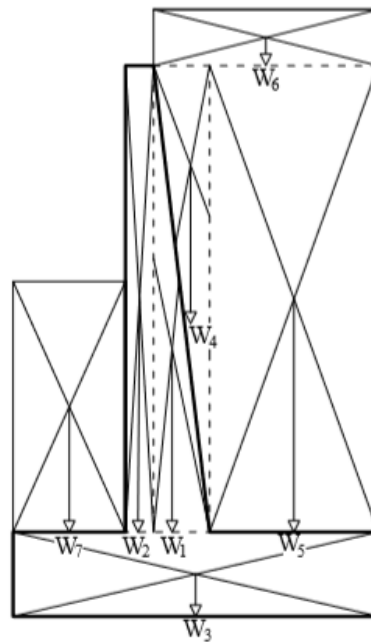
Penelitian ini mengambil sumber dari jurnal-jurnal dan buku literatur yang berkaitan dengan analisis stabilitas dinding penahan tanah. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada. Sumber data dalam penelitian ini didapatkan dari Proyek Pembangunan Bendung Kamijoro di Dusun Kamijoro, Desa Sendang Sari, Pajangan, Bantul, DI Yogyakarta. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ialah data tanah, koefisien gempa, berat volume beton, dan data perencanaan dari dinding penahan tanah.

3.5. Langkah Perhitungan Analisis Secara Manual

Dalam proses penelitian ini dilakukan perhitungan analisis stabilitas dinding penahan tanah secara manual. Perhitungan secara manual dilakukan secara teliti untuk mendapatkan hasil analisis yang seakurat mungkin, untuk menghindari kesalahan yang fatal dalam proses konstruksinya nanti. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah dengan perhitungan secara manual adalah sebagai berikut:

3.5.1. Analisis Gaya Berat Tubuh Dinding Penahan Tanah

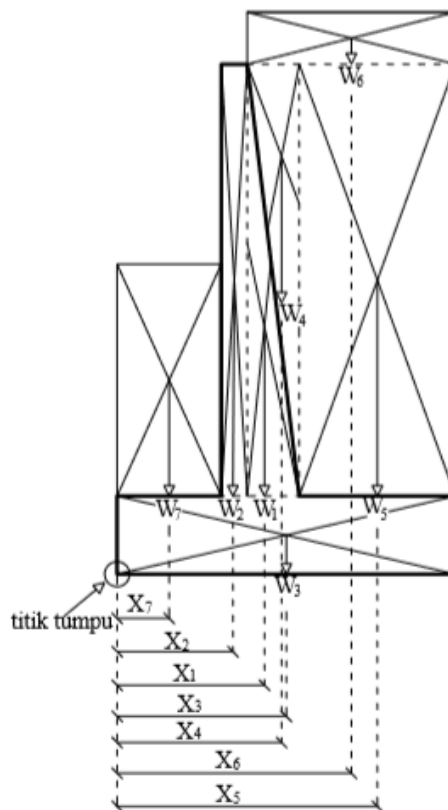
Gaya berat bangunan ini dilakukan perhitungan dengan arah vertikal kebawah yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi, dan untuk kemudahan dalam perhitungannya maka tubuh bendung dibagi menjadi beberapa bagian. Berikut diberikan Gambar 3.11 untuk gaya berat sendiri tubuh dinding penahan tanah.



Gambar 3.11 Pembagian bagian gaya berat tubuh dinding penahan tanah

Berdasarkan pada Gambar 3.11 diatas, dapat dilakukan perhitungan gaya berat tubuh bendung yang mana harus mengikuti langkah-langkah berikut:

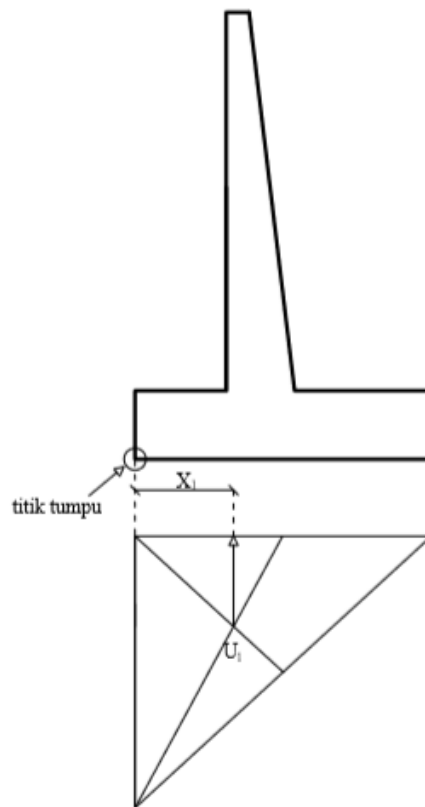
- Gaya berat dinding penahan tanah, perhitungan gaya dilakukan dengan mengalikan volume tubuh bendung pada bagian yang ditinjau (W_1 , W_2 , W_3 , W_4 , W_5 , W_6 , dan W_7) dengan massa jenis bahan tiap bagiannya (beton, tanah dan air) dengan persamaan sebagai berikut: $W = (0,5 \times \text{alas} \times \text{tinggi} \times \text{lebar}) \times \gamma$ (untuk segitiga) dan $W = (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \gamma$ (untuk persegi).
- Momen berat, pada perhitungan momen ini dilakukan dengan mengalikan gaya berat tubuh dinding penahan tanah (W) dengan lengan (X), seperti yang terlihat pada Gambar 3.12, dengan persamaan sebagai berikut: $M_V = W \times X$.



Gambar 3.12 Lengan momen masing-masing bagian tubuh dinding penahan tanah

3.5.2. Analisis Gaya Angkat (*Uplift*)

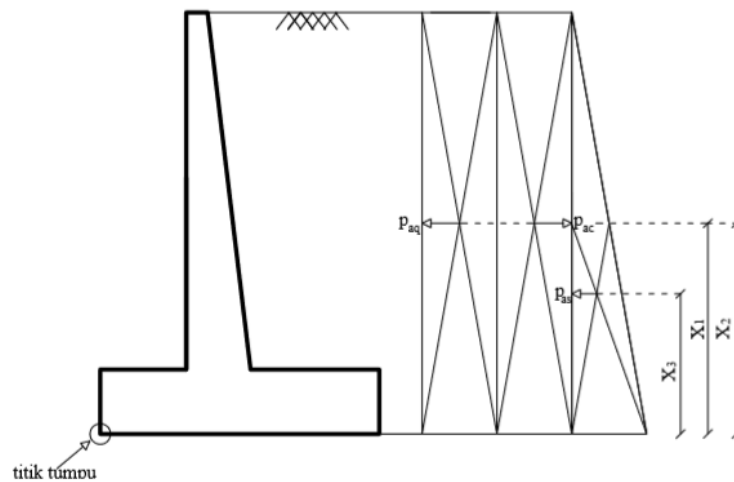
Gaya tekan yang diakibatkan oleh air dibawah struktur dinding penahan tanah disebut gaya angkat (*uplift*). Untuk perhitungan gaya angkat (*uplift*) diperoleh dari rumus: $U = 0,5 \times B \times h \times \gamma_w$. Untuk menghitung momen akibat tekanan gaya angkat (*uplift*) diperoleh dari gaya tekan gaya angkat (*uplift*) dikalikan dengan lengan beban, yaitu jarak dari titik berat tekanan gaya angkat (*uplift*) pada dinding penahan tanah ke arah bawah menuju titik tumpu. Berikut diberikan Gambar 3.13 untuk gaya tekan gaya angkat (*uplift*) dengan lengan beban momennya.



Gambar 3.13 Lengan momen tekanan gaya angkat (*uplift*) pada dinding penahan tanah

3.5.3. Analisis Gaya Tekan Tanah Aktif

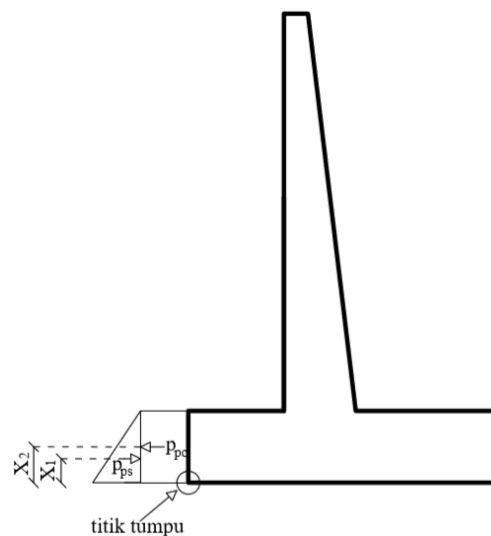
Gaya tekan yang diakibatkan oleh tanah aktif terdapat 3 gaya tekan yang menekan pada tanah yaitu akibat tanah, kohesi dan beban merata yang berada diatas dinding penahan tanah. Untuk perhitungan gaya tekan akibat tanah itu sendiri menggunakan rumus: $P_a = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_a$. Untuk perhitungan gaya tekan akibat adanya nilai kohesi menggunakan rumus: $P_a = -2c \times \sqrt{K_a} \times H^2$. Untuk perhitungan gaya tekan akibat adanya beban merata diatas dinding penahan tanah menggunakan rumus: $P_a = q \times K_a \times H$. Untuk menghitung momen akibat tekanan tanah aktif diperoleh dari gaya tekan tanah aktif dikalikan dengan lengan beban, yaitu jarak dari titik berat tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah ke arah bawah menuju titik tumpu. Berikut diberikan Gambar 3.14 untuk gaya tekan tanah aktif dengan lengan beban momennya.



Gambar 3.14 Lengan momen tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah

3.5.4. Analisis Gaya Tekan Tanah Pasif

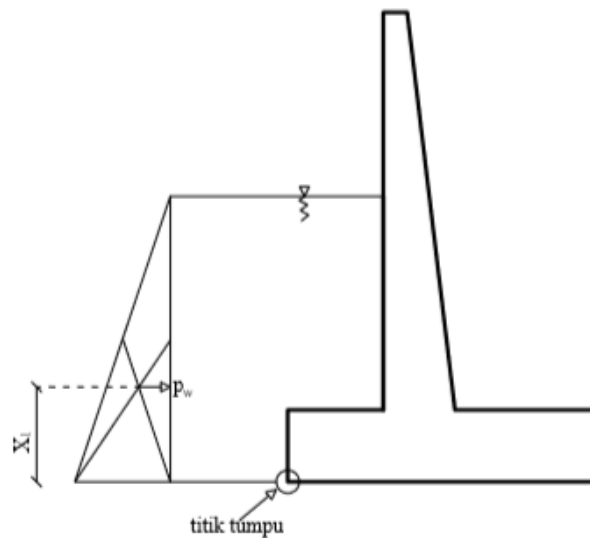
Gaya tekan yang diakibatkan oleh tanah pasif terdapat 2 gaya tekan yang menekan pada tanah yaitu akibat tanah itu sendiri dan akibat adanya kohesi. Untuk perhitungan gaya tekan akibat tanah itu sendiri menggunakan rumus: $P_p = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_p$ dan untuk perhitungan gaya tekan akibat adanya nilai kohesi diperoleh dari rumus: $P_p = -2c \times \sqrt{K_p} \times H$. Untuk menghitung momen akibat tekanan tanah pasif diperoleh dari gaya tekan tanah pasif dikalikan dengan lengan beban, yaitu jarak dari titik berat dinding penahan tanah ke arah bawah menuju titik tumpu. Berikut diberikan Gambar 3.15 untuk gaya tekan tanah pasif dengan lengan momennya.



Gambar 3.15 Lengan momen tekanan tanah pasif pada dinding penahan tanah

3.5.5. Analisis Gaya Tekan Air

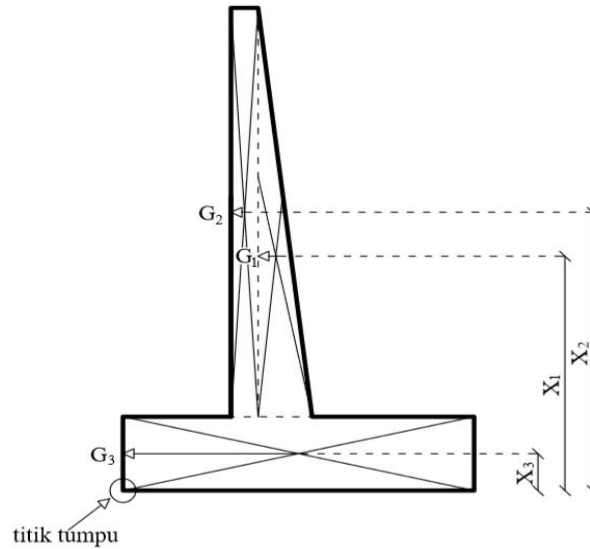
Untuk kondisi dinding penahan tanah pada tepi sungai, pasti ada tekanan air yang mempengaruhi gaya tekannya. Gaya tekan air pada dinding penahan tanah dengan arah horisontal diperhitungkan dengan rumus: $P_w (\text{air}) = 0,5 \times H^2 \times \gamma_w$. Untuk menghitung momen akibat tekanan airnya diperoleh dari gaya tekan air dikalikan dengan lengan beban, yaitu jarak dari titik berat dinding penahan tanah ke arah bawah menuju titik tumpu. Berikut diberikan Gambar 3.16 untuk gaya tekan akibat air dengan lengan momennya.



Gambar 3.16 Lengan momen tekanan air pada dinding penahan tanah

3.5.6. Analisis Gaya Tekan Gempa

Perhitungan gaya gempa dilakukan dengan arah horisontal dan garis kerjanya melewati titik berat konstruksi. Perhitungan gaya gempa dilakukan dengan pengalihan antara koefisien gempa dengan gaya berat tubuh dinding penahan tanah yang telah dihitung sebelumnya. Untuk menghitung momen gempa, gaya tekan gempa yang diperoleh sebelumnya dikalikan dengan lengan, yaitu jarak dari titik berat tubuh bendung ke arah bawah menuju titik tumpu. Berikut diberikan Gambar 3.17 untuk gaya gempa dengan lengan momennya.



Gambar 3.17 Lengan momen gempa masing-masing bagian tubuh dinding penahan tanah

3.5.7. Cek Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Cek stabilitas dinding penahan tanah terdiri dari kontrol terhadap guling dan geser, cek stabilitas ini dilakukan setelah semua gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah telah diketahui hasilnya. Total gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah digabungkan sesuai dengan arah momen dan gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah itu sendiri, kemudian gaya-gaya yang bekerja tersebut diuji kestabilannya terhadap guling dan geser. Selain itu, Pengecekan terhadap stabilitas daya dukung tanah perlu juga dilakukan untuk mengetahui keamanan stabilitasnya.

3.5.7.1. Stabilitas terhadap Guling

Kontrol stabilitas terhadap guling, dilakukan dengan membagi total momen tahanan yang bekerja pada dinding penahan tanah dengan total momen gulingnya dan hasilnya harus lebih besar atau sama dengan faktor amannya yaitu 2. Dengan menggunakan rumus persamaan yaitu: $SF = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}} \geq 2$.

3.5.7.2. Stabilitas terhadap Geser

Kontrol stabilitas terhadap geser, dilakukan dengan membagi jumlah gaya yang menahan dinding penahan tanah terhadap penggeseran dengan jumlah gaya

tekan arah horisontalnya dan hasilnya harus lebih besar atau sama dengan faktor amannya yaitu 1,5. Dengan menggunakan rumus persamaan yaitu: $SF = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 1,5$.

3.5.7.3. Stabilitas terhadap Daya Dukung Tanah

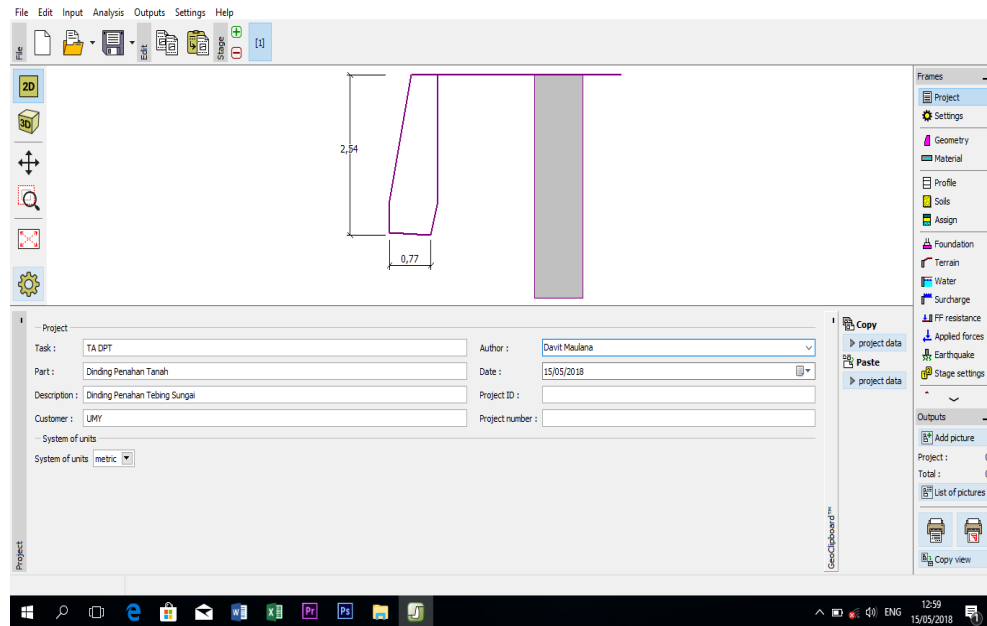
Kontrol stabilitas terhadap daya dukung tanah, dilakukan dengan menghitung kapasitas dukung ultimit dengan rumus: $q_{ult} = c \times N_c + D_f \times \gamma \times N_q + 0,5 \times B \times \gamma \times N_\gamma$. Setelah itu menghitung kapasitas dukung ultimit neto (q_{un}) dengan rumus: $q_{un} = q_{ult} - \gamma \times D_f$, dilanjutkan menghitung tekanan pondasi neto dengan rumus: $q_n = q - \gamma \times D_f$. Kemudian menghitung faktor keamanannya, untuk faktor keamanan terhadap stabilitas daya dukung tanah harus lebih besar atau sama dengan

3. Dengan menggunakan persamaan rumus: $SF = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_{ult} - \gamma \times D_f}{q - \gamma \times D_f}$.

3.6. Langkah-Langkah Perhitungan Menggunakan *Software Geo 5*

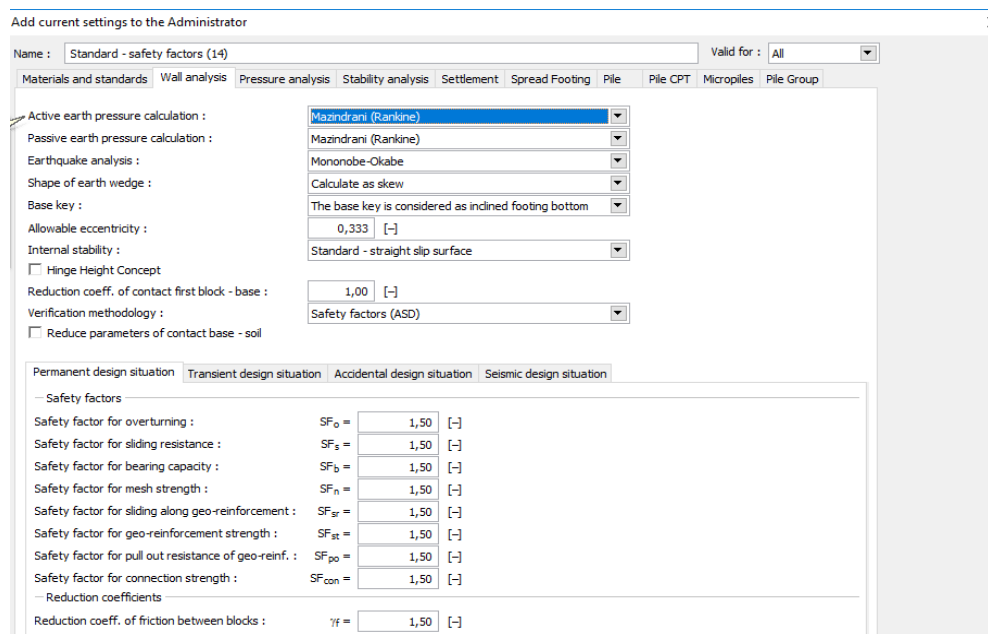
Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis stabilitas dinding penahan tanah menggunakan program *software Geo 5*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis stabilitas dalam mendesain dinding penahan tanah, selain dengan cara perhitungan stabilitas secara perhitungan manual. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah menggunakan *software Geo 5* adalah sebagai berikut:

1. Membuka *Software Geo-5* dipilih *Cantilever Wall*, maka akan muncul kotak dialog *information* lalu mengklik OK. Pada *Frame* bagian kanan mengklik *Project* pada bagian kanan atas, lalu mengisi *Task*, *Part*, *Customer*, *Description*, *Author*, *Project ID* dan *Project Number*.



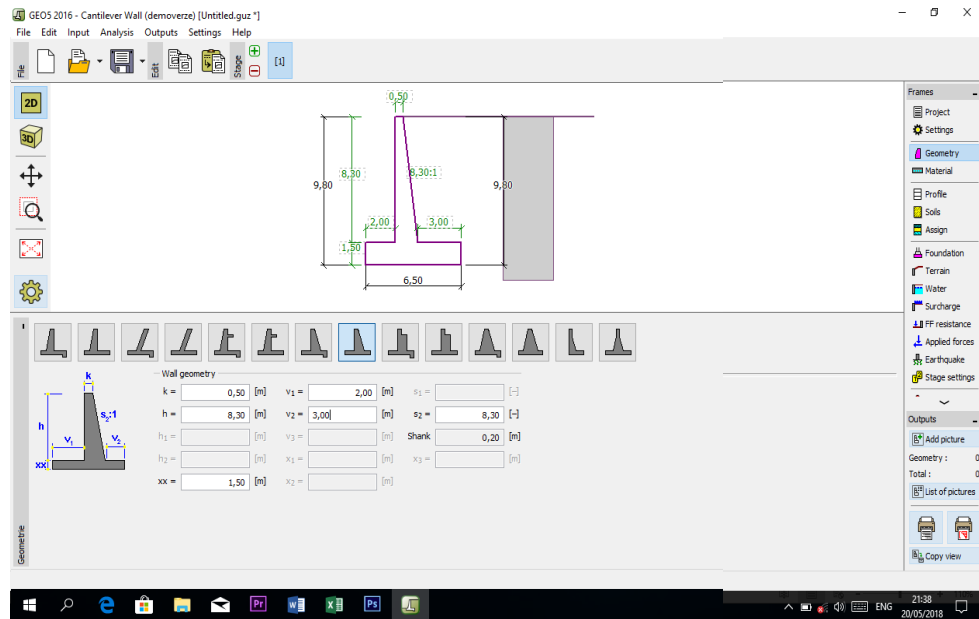
Gambar 3.18 Tampilan awal mengisi *Project - Slope Stability*

- Selanjutnya pada frame mengklik pada *Setting* dipilih *Add to Administrator* dan dipilih *Wall Analysis dan Pressure Analysis*. Pada kolom *Active* dan *Passive earth* diganti dengan *Rankine*.



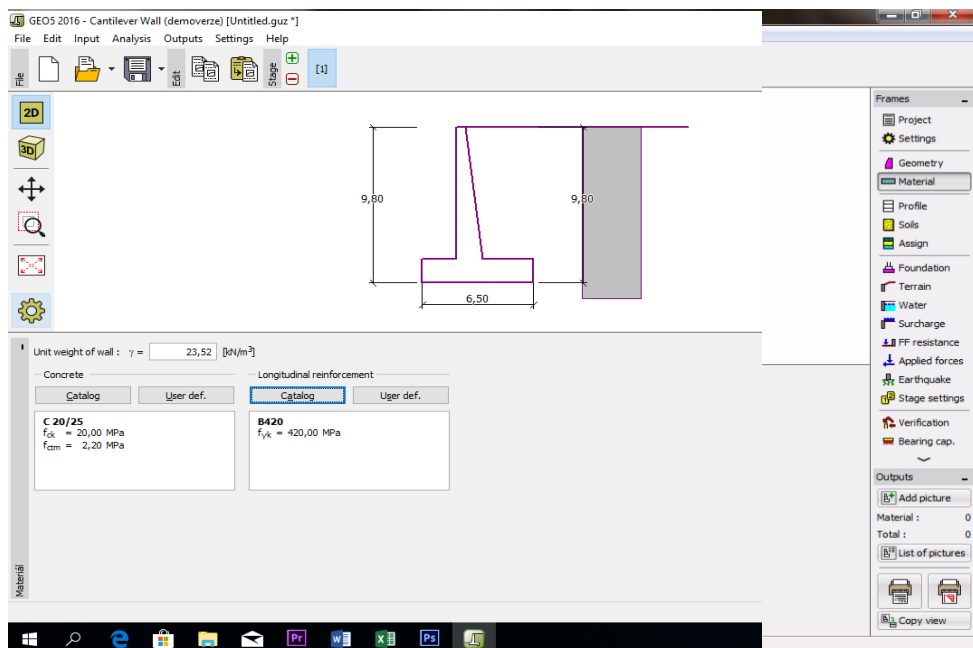
Gambar 3.19 Tampilan kotak dialog *Setting – Add to Administrator*

3. Dipilih *Geometry* pada *frame* dipilih *gravity wall* nomor tujuh dari kanan. Dimasukkan dimensi sesuai rencana yang akan digunakan.



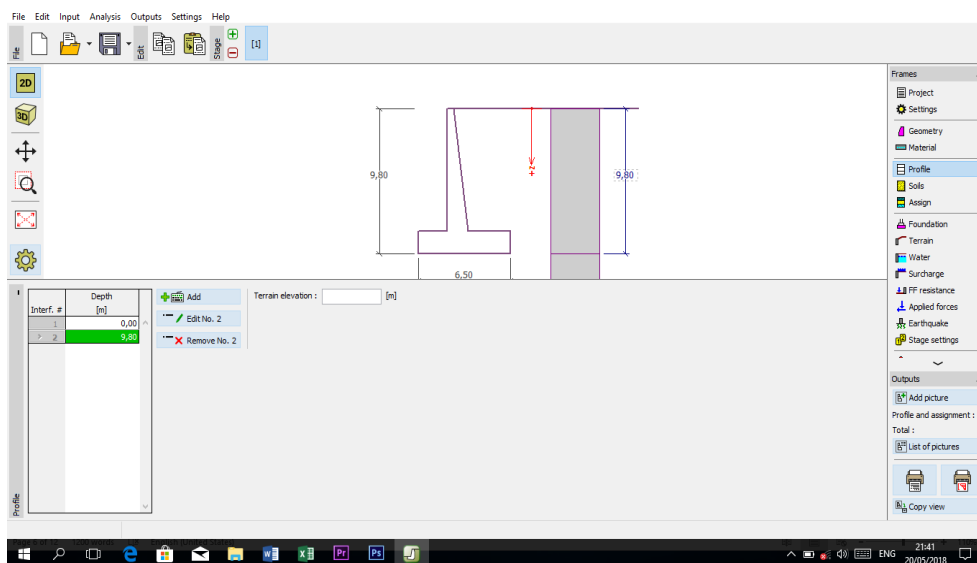
Gambar 3.20 Masukan dimensi sesuai yang direncanakan.

4. Langkah selanjutnya dipilih *Material* dan dipilih *material* yang akan digunakan apakah beton atau pasangan batu.



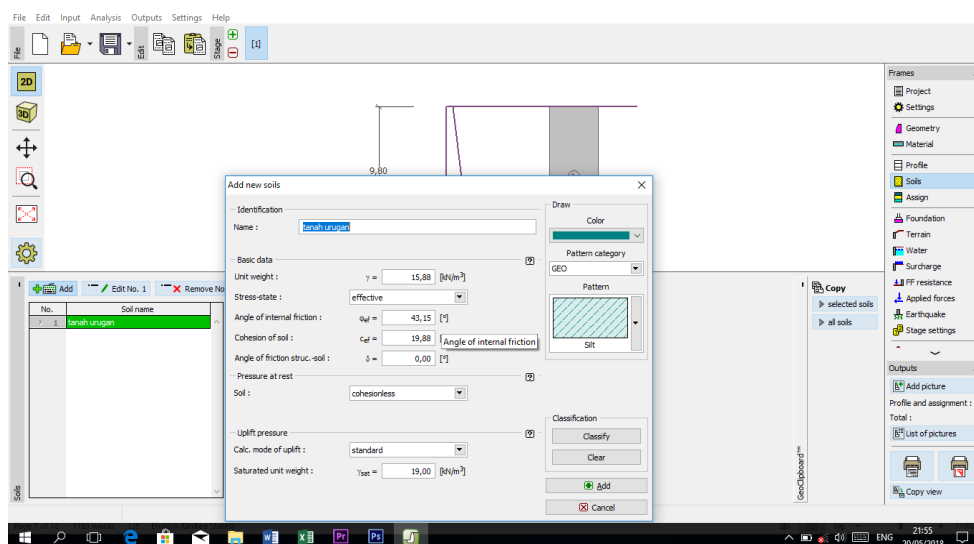
Gambar 3.21 Mengganti *material* yang akan digunakan

5. Dibuat susunan kedalaman lapisan tanah dengan cara memilih *profile* pada *frame* pilih *Add* lalu dimasukkan kedalamannya lalu OK.



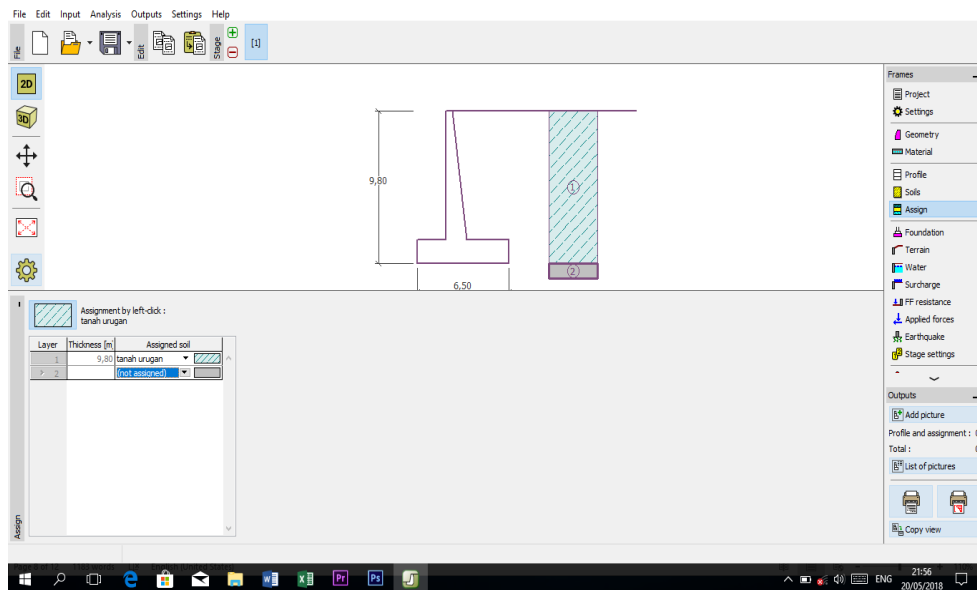
Gambar 3.22 Masukan kedalaman lapisan tanah.

6. Dimasukan jenis lapisan tanah yang akan digunakan, pada penelitian ini lapisan tanah yang digunakan yaitu tanah urugan. Dengan cara memilih *Soil* pada *frame* lalu mengklik *Add* lalu pada kotak dialog *Add new soils* dipilih *Classify* pada *soil desffication* memilih jenis lapisan dimasukan *Saturated unit Weight*.



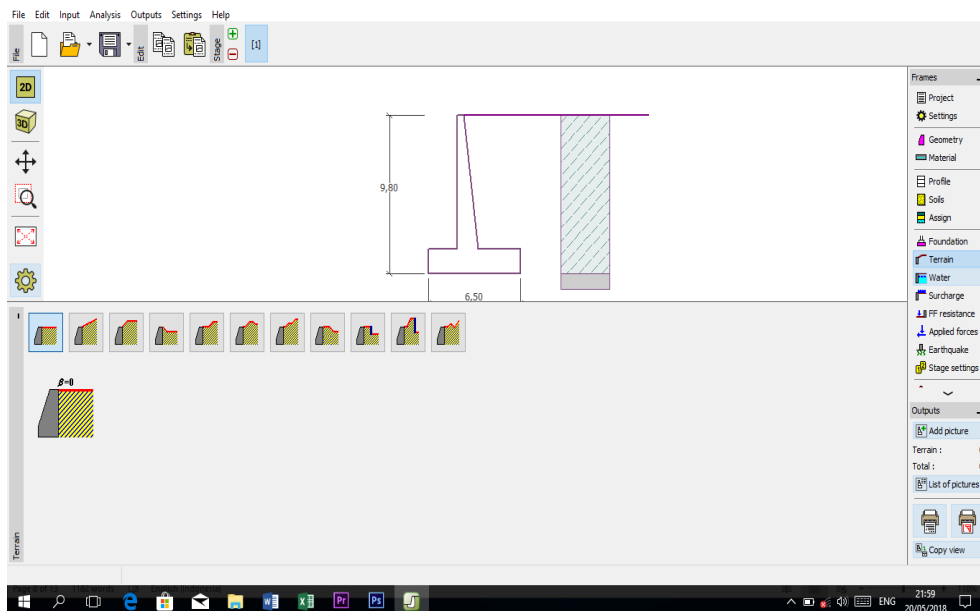
Gambar 3.23 Mengisi jenis lapisan tanah

7. Memplotkan jenis tanah pada tiap lapisan dengan cara memilih *Assign* pada *frame* lalu sesuaikan jenis tanah pada lapisannya.



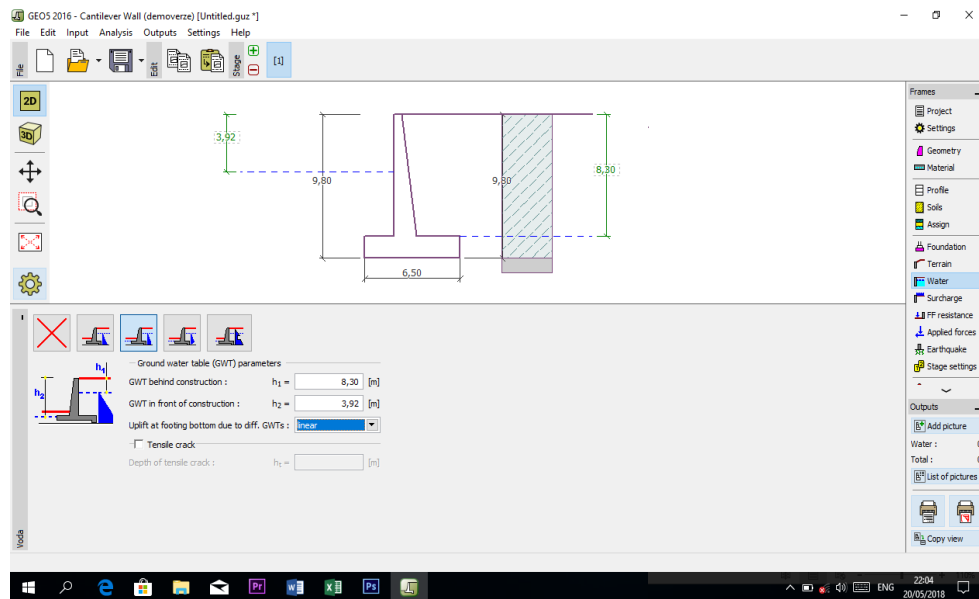
Gambar 3.24 Memasukan jenis lapisan tanah

8. Setelah itu dipilih *Terrain* untuk menentukan bentuk lereng tanah. Pada analisis ini, memilih lereng nomer satu dari kiri.



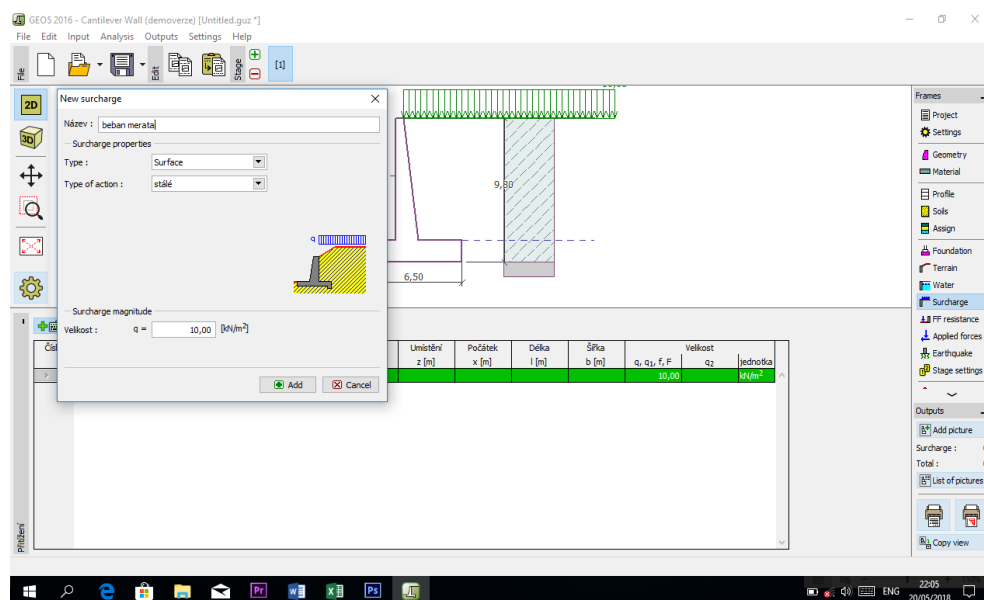
Gambar 3.25 Memilih bentuk lereng

9. Setelah itu dipilih *Water* untuk menentukan tinggi muka air dan tinggi muka air tanahnya. Sebagai contoh memilih nomer tiga dari kanan.



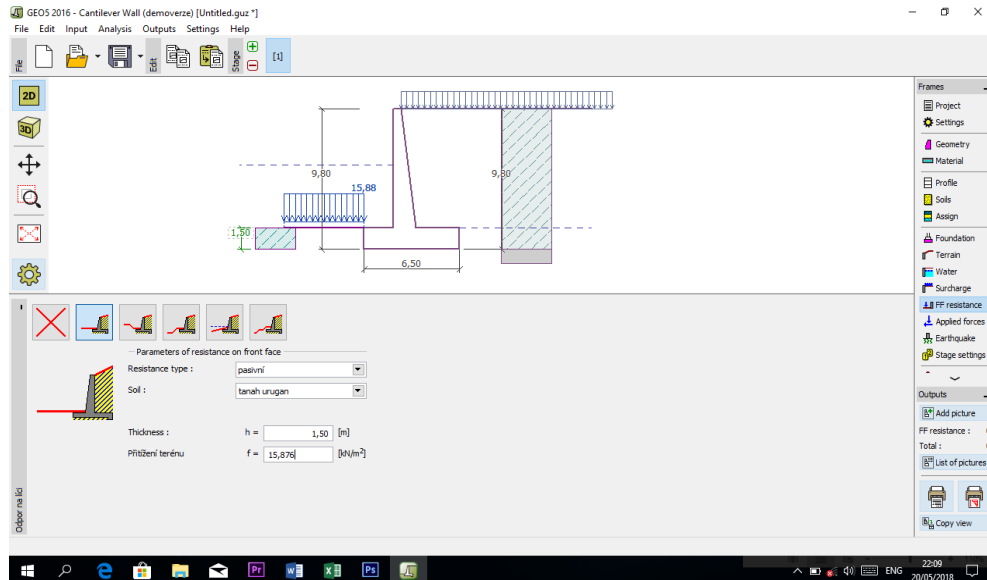
Gambar 3.26 Menentukan tinggi muka air dan muka air tanah

10. Selanjutnya dipilih *Surcharge*, untuk memberikan beban pada tanah sebelah luar DPT biasanya beban merata atau beban titik misalnya: beban jalan. Jika seandainya tanah sebelah luar DPT digunakan sebagai jalan. Masukkan nilai q sebesar 10 KN/m^2 .



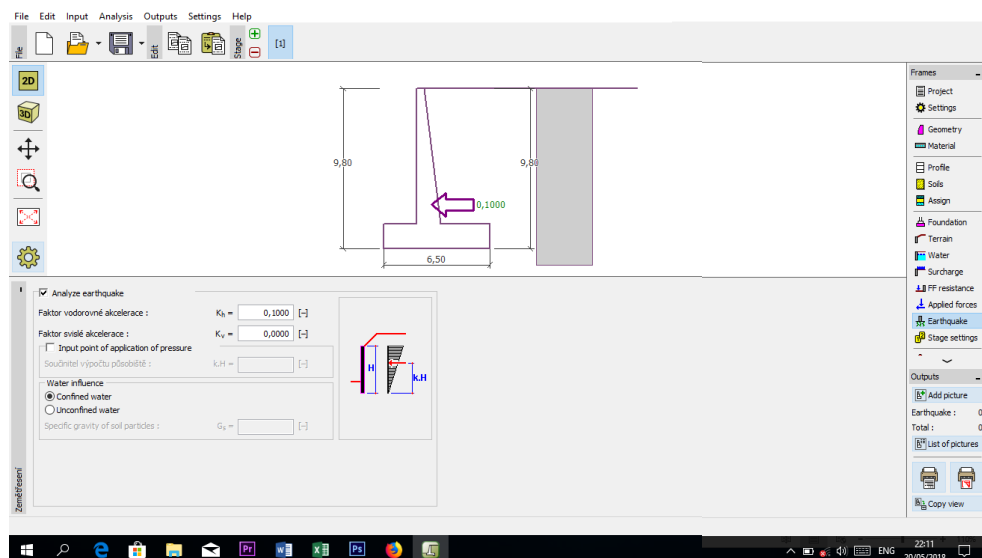
Gambar 3.27 Kotak dialog *Surcharge*

11. Dipilih *FF resistance*. Memilih nomer dua dari kiri dan ganti nilai h menjadi 1,5m (sesuai tinggi tanah dari dasar dinding penahan tanah) serta memilih lapisan tanahnya (*soil*), juga mengganti *Resistance Typenya* menjadi *Passive*.



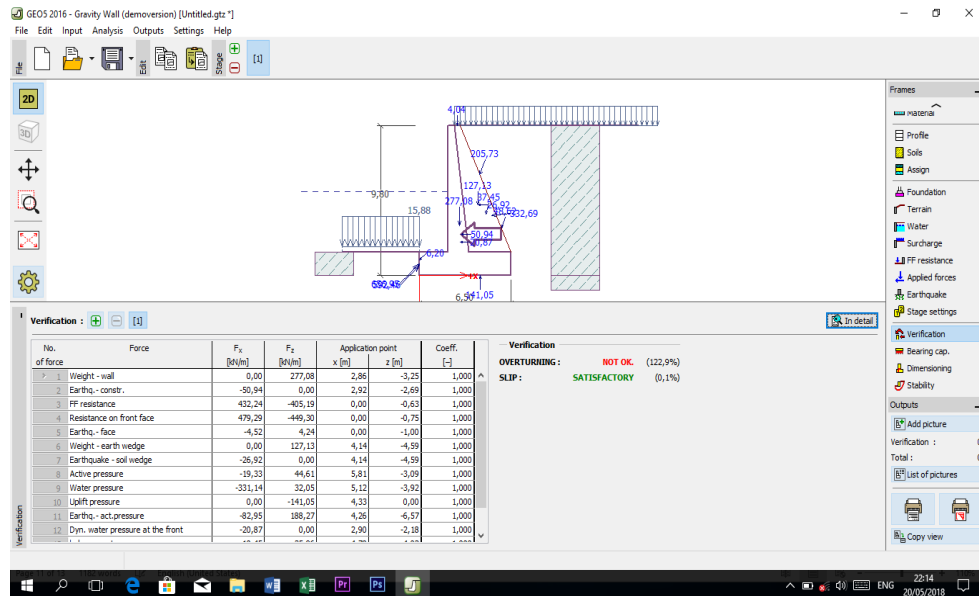
Gambar 3.28 Memilih bentuk *resistance*

12. Dipilih *Earthquake* untuk mengetahui kondisi dinding penahan tanah jika diberi gaya gempa. Dengan cara *ceklis* ada *Analyze earthquake* lalu mengisi nilai K_h sebesar 0,1 sesuai pada data perencanaan yang sudah ada.



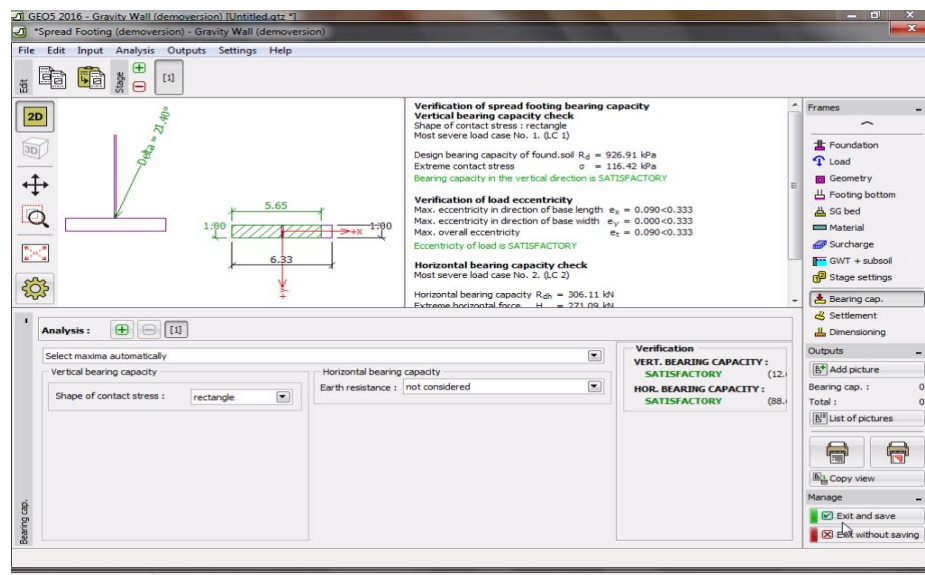
Gambar 3.29 Kotak dialog *Earthquake*

13. Selanjutnya dipilih *Verification*, untuk melihat faktor keamanan *Overtuning* dan *Slipnya* sudah memenuhi syarat atau belum.



Gambar 3.30 Kotak dialog *Verification*

14. Selanjutnya dipilih *Bearing Cap*, untuk melihat apakah *Eccentricity* dan *Foundation Soil* nya sudah memenuhi syarat atau belum. Dengan cara memilih *Analyze bearing capacity by Program Spread Footing* lalu mengisikan *Overall length of wall foundation*.



Gambar 3.31 Kotak dialog *Bearing Cap*